

Sebastian GŁOWIŃSKI<sup>1</sup>  
Tomasz KRZYŻYŃSKI<sup>2</sup>

### **CHARAKTERYSTYKI MASOWE FOTEŁA KATAPULTOWEGO SAMOŁOTU TS-11 „ISKRA”**

*W artykule przedstawiono charakterystyki masowe fotela katapultowego SK odrzutowego szkolno-bojowego samolotu TS-11 „Iskra”. Opisano fotel katapultowy i podstawy jego działania. Opracowano model komputerowy 3D obiektu i uzyskano wyniki dotyczące momentów bezwładności i dewiacji fotela katapultowego, które pozwalają na dokładne modelowanie zachowania fotela podczas katapultowania.*

### **THE MASS CHARACTERISTICS OF EJECTION SEAT OF THE AIRCRAFT TS-11 “ISKRA”**

*In the paper the mass characteristics of the ejection seat-pilot system is presented. The ejection seat and its working principle are described. The calculations have been carried for a seat of the jet training-combat aircraft TS-11 “Iskra”. The inertia matrix and principal moments of the seat are determined by means of a 3D system model making it possible to simulate dynamics of the ejection in a precise way.*

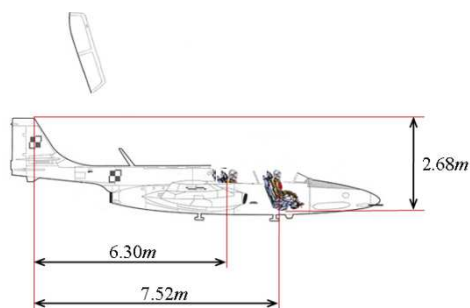
#### **1. WSTĘP**

Szkolno-bojowy samolot odrzutowy TS-11 „Iskra”, wyposażony jest w dwa identyczne fotele katapultowe I generacji, zaliczane do foteli lekkich (56 kg ze spadochronem) [3,4]. Są one zamocowane w kabinie za pomocą mechanizmu strzałowego oraz dwóch szyn prowadzących, mających za zadanie nadanie kierunku podczas katapultowania. Mechanizm strzałowy ma za zadanie zabezpieczenie fotela i uniemożliwienie wysunięcia się z prowadnic, podczas ewolucji. Odbezpieczenie mechanizmu strzałowego polega na usunięciu naziemnych zabezpieczeń fotela (czynność wykonywana przez mechanika przed lotem) oraz wysunięcia zawleczki blokującej iglicę pironaboju podczas sytuacji awaryjnej. Wysunięcie zawleczki odbywa się automatycznie poprzez zrzut osłony kabiny podczas lotu. W przypadku braku możliwości zrzutu kabiny pilot ma możliwość usunięcia zabezpieczenia ręcznie poprzez pociągnięcie uchwytu zamocowanego z prawej strony zagłówka, wówczas katapultowanie odbywa się przez osłonę kabiny.

<sup>1</sup> Politechnika Koszalińska, Zakład Mechatroniki i Mechaniki Stosowanej; 75-620 Koszalin; ul. Śniadeckich 2.  
tel: +48 94 347 -85-32, e-mail: sebastian.glowinski@tu.koszalin.pl

<sup>2</sup> Politechnika Koszalińska, Zakład Mechatroniki i Mechaniki Stosowanej; 75-620 Koszalin; ul. Śniadeckich 2.  
tel: +48 94 347 -85-30, e-mail: tomasz.krzyzynski@tu.koszalin.pl

Minimalna wysokość katapultowania wynosi 250 m przy prędkości samolotu  $V_s = 350\div 400$  km/h, natomiast zalecana wysokość to 600 m w locie poziomym i 1000 m w locie nurkowym. Pilot podczas startu do wysokości 250 m i podczas lądowania nie ma możliwości opuszczenia samolotu sposobem zasadniczym. Zastosowany pironabój PK-4-1 powinien zapewnić uzyskanie takiej trajektorii, która uniemożliwia zderzenie pilota z usterzeniem pionowym samolotu (*Rys.1*). Niestety, kilkanaście katapultowań w historii eksploatacji tego statku powietrznego zakończyło się niepowodzeniem. Podstawowe wymiary statku powietrznego to: długość 11,15m, rozpiętość 10,06m i wysokość całkowita 3,5m.



*Rys.1. Położenie foteli katapultowych względem statecznika pionowego*

## 2. MODEL OBIEKTU

Do badań wykorzystano fotel katapultowy z samolotu TS-11 (*Rys.2*). Numer fabryczny fotela to H-1244, natomiast mechanizm strzałowy to H-1251. Poszczególne podzespoły fotela zostały w miarę możliwości rozebrane, dokonano pomiarów (długość, szerokość, grubość i masa), następnie opracowano ich modele w programie komputerowym CADD (Computer-aided design and drafting).



*Rys.2. Fotel katapultowy SK wykorzystany do opracowania modelu*

Kolejną czynnością było „programowe” złożenie poszczególnych części i uzyskanie modelu przedstawionego na *Rys.3*. Wykorzystanie oprogramowania CADD, pozwoliło na

uzyskanie dokładnych wyników masowych dotyczących fotela katapultowego. W modelu nie uwzględniono masy pasów oraz linek łączących dźwignie strzału z iglicą pironaboju. Pominięto również masę linki łączącej automat AD-3 (rozpinający pasy) z zamkiem pasów fotela. Kolejną czynnością było zbudowanie modelu pilota, oraz dopasowanie go do fotela. Układ fotela z pilotem w dalszej części artykułu będzie nazywany obiektem. Prawidłową pozycją pilota podczas katapultowania jest umieszczenie stóp na podnóżkach fotela, zablokowanie pasów, łokcie są przyciśnięte do tułowia i ręce oparte na uchwytych strzału. Głowa jest dociśnięta do zagłówka fotela.

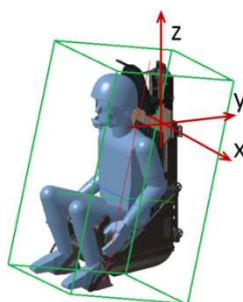
Analityczne obliczenia byłyby uciążliwe ze względu na zastosowanie różnych materiałów do budowy fotela. Natomiast opracowany model umożliwił automatyczne uzyskanie danych masowych względem środka ciężkości fotela i obiektu, które z powodzeniem można wykorzystać do symulacji procesu katapultowania i określenia dynamiki obiektu po opuszczeniu prowadnic fotela.



Rys.3. Model komputerowy fotela katapultowego SK oraz obiektu

### 3. WYNIKI

Układ współrzędnych przyjęty do badań obiektu przedstawiono na Rys.4. Początek układu współrzędnych znajduje się w części centralnej pironaboju PK-4-1.



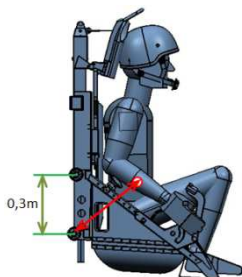
Rys.4. Układ współrzędnych badanego obiektu

Wykorzystanie oprogramowania CADD umożliwia przyjęcie początku układu współrzędnych w dowolnym miejscu obiektu.

W tabeli 1 zestawiono dane masowe fotela oraz dla porównania dane obiektów dla mas pilota: 75, 100 oraz 125kg. Przyjęto uproszczenie, że wraz ze zmianą masy pilota nie zmieniają się jego wymiary, a co za tym idzie nie zmienia się położenie środka ciężkości pilota.

Tab. 1. Charakterystyki masowe fotela i obiektu

		Jedn.	Fotel SK	Fotel + pilot (75kg)	Fotel + pilot (100kg)	Fotel + pilot (125kg)
Powierzchnia		[m <sup>2</sup> ]	4,049	6,540		
Objętość		[m <sup>3</sup> ]	0,035	0,118		
Masa obiektu		[kg]	56,000	131,000	156,000	181,000
Środek ciężkości	Gx	[mm]	-2,284	-1,393	-1,287	-1,021
	Gy		-142,487	-221,511	-230,968	-237,817
	Gz		-635,550	-540,567	-529,202	-520,969
Momenty bezwładności i dewiacji względem środka ciężkości / G	IoxG	[kg·m <sup>2</sup> ]	6,679	13,521	15,483	17,397
	IoyG		6,215	12,183	13,984	15,758
	IozG		2,076	5,660	6,724	7,769
	IxyG	[kg·m <sup>2</sup> ]	0,016	0,018	0,018	0,017
	IxzG		0,040	0,014	0,007	-2,315e-004
	IyzG		-1,379	-1,655	-1,904	-2,177
Momenty względem osi / G	M1	[kg·m <sup>2</sup> ]	1,658	5,264	6,255	7,214
	M2		6,632	12,579	14,453	16,312
	M3		6,679	13,521	15,483	17,397
Momenty bezwładności i dewiacji względem początku układu / O	IoxO	[kg·m <sup>2</sup> ]	30,436	58,229	67,494	76,767
	IoyO		28,835	50,464	57,673	64,89
	IozO		3,213	12,088	15,046	18,007
	IxyO	[kg·m <sup>2</sup> ]	-0,002	-0,022	-0,029	-0,035
	IxzO		-0,041	-0,085	-0,100	-0,114
	IyzO		-6,450	-17,341	-20,972	-24,605



Rys.5. Odległość pomiędzy rolkami i środkiem ciężkości obiektu

Odległość pomiędzy górną i dolną parą rolek wynosi 0,3m (Rys.5). Prędkość opuszczania prowadnic przez fotel wynosi 16 m/s. Czas jaki upływa podczas opuszczania prowadnic pomiędzy górną i dolną parą rolek wynosi 0,01875 s, czyli w tym czasie na fotel (obiekt) działa moment wynikający z przesunięcia środka ciężkości względem dolnej pary rolek. Należy go uwzględnić przy obliczeniach dotyczących dynamiki fotela [2]. W tabeli 2 przedstawiono dane masowe fotela wraz z danymi obiektu względem osi przechodzącej przez dolną parę rolek fotela.

Tab. 2. Dane masowe fotela względem osi przechodzącej przez dolną parę rolek

	Ox	Oy	Oz	Moment względem osi	
	[mm]			Ma [kgxm <sup>2</sup> ]	Promień [mm]
Fotel SK	109,717	58,336	-753,776	9,72	416,616
Fotel + Pilot (75kg)				29,735	476,431
Fotel + Pilot (100kg)				36,407	483,093
Fotel + Pilot (125kg)				43,085	487,862

Przedstawione wyniki wskazują na zmianę położenia środka ciężkości obiektu dla różnych mas pilota. W przypadku masy pilota 75kg i 125kg wartość przesunięcia środka masy obiektu względem początku przyjętego układu współrzędnych wynosi 26,12mm. Wzrost momentu bezwładności względem poszczególnych osi przechodzących przez środek ciężkości obiektu wynosi odpowiednio dla osi X  $\cong$  27% oraz Y, Z  $\cong$  23%. W przypadku analizowania wzrostu wartości momentu względem osi przechodzącej przez dolną parę rolek, jego wartość ze wzrostem masy pilota zwiększa się o 30,99%. Ma to istotne znaczenie przy badaniu symulacji katapultowania, ponieważ w decydującej fazie katapultowania istnieje prawdopodobieństwo kolizji układu fotel – pilot ze statecznikiem pionowym statku powietrznego.

#### 4. WNIOSKI

Przedstawione w pracy charakterystyki masowe i bezwładnościowe fotela i pilota umożliwiają uzyskanie dokładnych wyników symulacji dynamiki ruchu obiektu. Jest to o tyle ważne, że w historii 50-letniej eksploatacji samolotu TS-11 Iskra, nie opracowano jeszcze tak szczegółowego modelu. W 2002 roku zaproponowano uproszczony model, który był dotychczas wykorzystywany w badaniach symulacyjnych [1].

W opracowanym modelu sylwetka pilota traktowana jest jako bryła sztywna. Istnieje również możliwość rozpatrywania poszczególnych części ciała pilota jako osobnych mas. Umożliwi to przeprowadzenie symulacji przyspieszeń poszczególnych części ciała pilota podczas procesu katapultowania.

Model obiektu umożliwia przeanalizowanie układu pilot-fotel katapultowy oraz uzyskanie jego charakterystyk aerodynamicznych, przy wykorzystaniu metod CFD (Computer Fluid Dynamics). Celowe wydaje się skonstruowanie modelu w skali 1:10 i przeprowadzenie badań w tunelu aerodynamicznym w celu porównania wyników z symulacją.

Wskazane jest opracowanie modelu matematycznego i przeanalizowanie zachowania fotela katapultowego w układzie przestrzennym, z uwzględnieniem ślizgu, obrotu

samolotu, występującego przeciążenia oraz wpływu wiatru. Kolejnym etapem badań jest symulacja katapultowania w różnych fazach lotu (pętla, korkociąg itp.), która pozwoli na uzyskanie pełnej informacji, a co za tym idzie zwiększy świadomość i pewność o skuteczności i niezawodności działania systemu.

## 5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Jaształ M., Szajnar S.: *Wyznaczenie i analiza charakterystyk masowych układu foteł katapultowy-pilot*, Biuletyn WAT, Vol. LI, Nr 8 (2002).
- [3] Платонов К.: *Человек в полете*, Военное Издательство Министерства Союза ССР, Москва (1957).
- [3] *Samolot TS-11 "Iskra", Instrukcja Techniki Pilotowania*, Ministerstwo Obrony Narodowej Dowództwo Wojsk Lotniczych, Lot. 1851/78, Poznań (1978).
- [4] Walczak W.: *Fotele katapultowe*, Centrum Szkolenia Inżynieryjno-Lotniczego, Oleśnica (1996).